



PROGRAMME REBECCA2 WP1 (agronomie environnement)

Méthodes de culture durable de canne combustible dans un sol volcanique de Guadeloupe, de la plantation à la repousse.

Jean-Louis Chopart

Note scientifique 1 REBECCA2 WP1

Janvier 2015

Méthodes de culture durable de canne combustible dans un sol volcanique de Guadeloupe, de la plantation à la repousse. Premières propositions.

Jean-Louis Chopart

Document provisoire et confidentiel

1 INTRODUCTION

2 DISPOSITIFS ET METHODES D'ETUDE

21 Etudes des dates de plantation et durées de cycle

211 Essais agronomiques

212 Essais variétaux

22 Etudes sur la maîtrise de l'enherbement

23 Etudes sur la fertilisation

24 Etudes sur les ravageurs et maladies

25 Etudes sur la récolte mécanique

3 RESULTATS ET DISCUSSION

31 Dates de plantation et durées de cycle

311 Essai Agro 1 dates 1 et 2

312 Essai Agro2

313 Essai variétal V6

314 Discussion et conclusions partielles

32 Préparation du sol et plantation

321 Résultats et observations

322 Discussion et conclusions partielles

33 Maîtrise des mauvaises herbes

331 En culture de plantation

332 En repousse

333 Discussion et conclusions partielles

34 Fertilisation

341 Etude en année de plantation (essai V8)

342 Etude en repousse, avec engrais l'année précédente (essai agro 1)

343 Etude en repousse, sans engrais l'année précédente (Multiplication M2)

343 Discussion et conclusions partielles

35 Protection phytosanitaire et état sanitaire des cultures

351 Maladies

352 Insectes et foreurs

36 Récolte

361 Récolte manuelle

362 Récolte mécanique avec une coupeuse tronçonneuse conventionnelle

363 Nouveaux matériels envisageables

364 Hauteur de coupe dans les zones polluées à la chlordécone

365 Discussion et conclusions partielles

37 Gestion des résidus de récolte

371 Eléments contextuels

372 Comparaisons entre canne à sucre et canne combustible

373 Eléments pour des scénarios de gestion de résidus de récolte

374 Discussion

4 CONCLUSION. PREMIERES PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS

1 INTRODUCTION

L'objectif du programme REBECCA en Guadeloupe est, in fine, de proposer des scénarios visant à produire une quantité optimale de calories/m²/mois pour alimenter une centrale thermique pendant une période de l'année la plus longue possible. Cette production agricole doit être à la fois durable et rentable. La région de production plus particulièrement visée et celle sur laquelle portent les travaux depuis 2010 est le sud-Est de l'île de Basse-Terre Guadeloupe. Ce document présente les résultats de cette zone, centré sur Capesterre obtenus sur le dispositif de recherche du Cirad au Fromager.

Les variétés de cannes fibreuses identifiées comme les plus productives dans ce milieu sont de la même espèce que les cannes à sucre commerciales et, malgré une plus grande biomasse, elles restent très proches des cannes à sucre commerciales tout en ayant quelques traits propres. Les systèmes de culture de ces cannes fibre peuvent, en première approximation, être identiques ou très comparables à ceux de la canne à sucre dans la région considérée. Ceci devrait faciliter la culture de la canne fibre par les agriculteurs intéressés. Il y a quand même une différence notable par rapport à la canne à sucre. La période de récolte doit être la plus longue possible, nettement plus longue que la campagne de récolte de canne à sucre pour pouvoir approvisionner l'unité industrielle aussi régulièrement que possible au cours de l'année. Il faut donc pouvoir élargir la période de plantation et surtout ne pas se fixer sur le cycle habituel de 12 mois dans la région concernée. Il y a peu ou pas de résultats concernant des cycles plus courts ou plus longs dans les conditions tropicales. Deux expérimentations spécifiques visant à donner des informations dans ce domaine ont été mises en place. D'autres expérimentations d'évaluation variétale ont complété le jeu de données.

Le dispositif expérimental REBECCA du Fromager a aussi permis de recueillir des informations originales concernant d'autres segments de l'itinéraire technique de la culture de la canne fibre, en particulier dans les domaines importants de la fertilisation et de la maîtrise des mauvaises herbes, en cherchant, autant que faire se peut, la réduction des doses d'intrants pour des raisons économiques et environnementales. Ces résultats statistiques, mais aussi des observations et des raisonnements agronomiques plus qualitatifs, ont conduit à élaborer une proposition d'itinéraire technique de la canne fibre, avec des variantes. Quand on ne dispose pas d'éléments chiffrés, des estimations aussi objectives que possible sont faites en attendant des éléments plus quantitatifs.

L'objectif principal de cette première étude est de fournir aux économistes et à l'industriel des éléments aussi complets que possible pour qu'ils les utilisent pour les études économiques et industrielles. L'objectif à plus long terme est d'aboutir, avec d'autres, dont les agriculteurs eux-mêmes, à des scénarios de pratiques culturelles pour la canne combustible dans la Basse-Terre de la Guadeloupe.

Le choix a été fait de suivre les différentes étapes de l'itinéraire technique conduisant à la récolte de la future canne combustible, de la plantation à la récolte et à la repousse. Certains segments de cet itinéraire technique s'écarteront de l'itinéraire technique de la canne à sucre dans la zone, d'autres au contraire seront, à ce stade d'avancement de la recherche, proches ou identiques. Nous avons étudié en priorité, les segments qui seront originaux par rapport à ceux de la canne à sucre. Il y a donc, dans ce document, des résultats consistants relatifs aux aspects originaux de la canne combustible et de simples mentions de techniques pouvant être considérées comme semblables entre canne à sucre et canne combustible. Ceci conduit à une hétérogénéité dans la consistance des résultats raisonnée et assumée.

2 DISPOSITIFS ET METHODES D'ETUDE

21 Etudes des dates de plantation et des durées de cycle

211 Essais agronomiques

Trois expérimentations ont été mises en place sur le site du Fromager à Caspeterre Belle-Eau, en juin, août et novembre 2011, pour une durée de deux ans. Elles visent à mieux comprendre l'évolution de la production de biomasse en fonction de la date de plantation et de coupe, en utilisant, dans l'immédiat, les pratiques culturales locales.

Essai agronomique n° 1-1

Un premier essai a été planté en juin 2011 avec deux variétés potentiellement intéressantes suite à une première évaluation : BR 62002, BBZ92076. Il compare les performances de ces variétés en cycle conventionnel de 12 mois ou en cycle court de 8 mois.

Essai agronomique n° 1-2

Il s'agit du même dispositif que le 1-1 excepté qu'il a été planté en novembre 2011, en fin de période favorable à la plantation.

Essai agronomique n° 2

Ce troisième essai a les mêmes grands objectifs que l'essai Agro1. Il a été planté en août 2011.

On y teste les performances de deux autres variétés identifiées comme potentiellement intéressantes (TC8 et WI 870603) et l'une des meilleures variétés sucrières dans la zone étudiée.

Ces trois essais agronomiques étaient en dispositifs statistiques en blocs randomisés avec chacun trois répétitions. Ils ont été plantés en lignes écartées de 1.6 m suivant la procédure classique de la canne à sucre. Ils ont été implantés côte à côte. Le précédent cultural commun est de la canne à sucre. L'étude principale sur les effets directs des dates de plantation et des durées de cycle a été conduite pendant 2 ans, soit 2 cycles de 12 mois ou trois cycles de 8 mois. Les trois essais ont reçu, au bout de deux ans, la même fertilisation cumulée (1600 kg/ha en deux ans) en deux applications pour les cycles de 12 mois et trois applications pour les cycles de 8 mois.

A l'issue de ces deux ans d'étude, le dispositif a été maintenu en place pour évaluer les effets résiduels de la conduite en cycles de 8 mois sur la production et d'autres paramètres du système de culture. La troisième année de culture, pour étudier les effets résiduels, a été conduite en absence de toute fertilisation et de tout désherbage chimique ou mécanique.

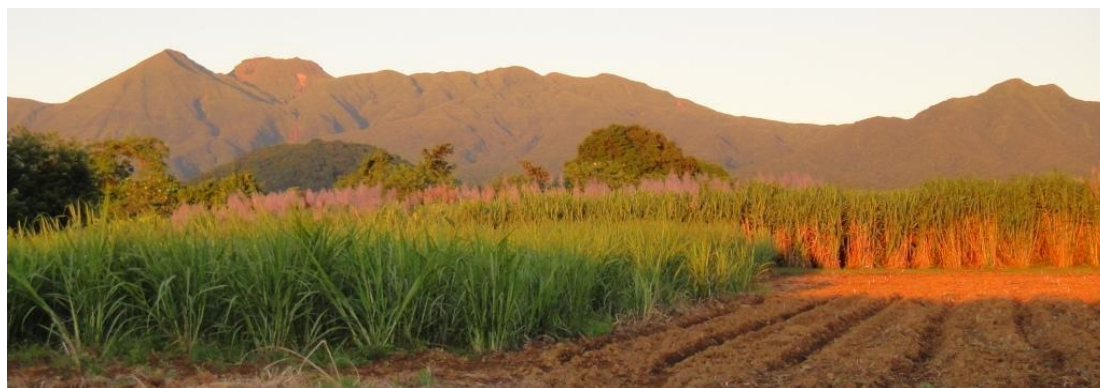


Photo1. Essai agronomique1 (Fromager), vue partielle au moment de la plantation de novembre 2011, à droite ; à gauche: vue partielle de la plantation de juin ; au fond essai variétal.

212 Essais variétaux

Plusieurs essais variétaux ont enrichi le jeu de données, en particulier un essai planté en juin 2013 au Fromager après plusieurs années de canne à sucre puis 2 ans de jachère. Il a intégré les 4 meilleures variétés et a été récolté après 8, 12 et 14 mois de culture. Les autres essais variétaux étaient implantés sur un sol ayant bénéficié d'une jachère de plusieurs années. Ces essais ont bénéficié de la fertilisation préconisée pour la canne à sucre et d'une maîtrise des mauvaises herbes par voie principalement chimique.

22 Etudes sur la maîtrise de l'enherbement

La plupart des essais du dispositif du projet REBECCA à Capesterre ont été conduits en maîtrisant les mauvaises herbes avec les herbicides et les procédures d'application correspondant à ce qui est préconisé pour la culture de la canne à sucre,

(i) en année de plantation : herbicide de prélevée lors de la plantation puis un herbicide de post-levée et si besoin un herbicide contre les lianes en localisé

(ii) en repousse : un herbicide de post-levée.

Certaines cultures ont toutefois été conduites sans aucune intervention de désherbage dans des cannes en repousses. Il s'agit des essais agronomiques 1-1, 1-2 et 2. Cela a permis d'étudier la dynamique naturelle des mauvaises herbes dans une culture de canne combustible. Pour cela, deux méthodes ont été utilisées : des notations visuelles d'importance de l'enherbement et des prélèvements de la biomasse de mauvaises herbes sur 1 m² avec mesures de cette biomasse.

23 Etudes sur la fertilisation

231 Expérimentation en sol fertilisé

Dans la mesure où le matériel végétal étudié est très proche de la canne à sucre commerciale, qu'il est cultivé dans des sols représentatifs du bassin cannier du sud Basse-Terre et que les doses de fertilisations sont déjà proposées par les organismes de développement pour la canne dans cette zone, il n'y a pas eu d'expérimentation de fertilisation dans le cadre du projet REBECCA. Pour tous les essais de sélection et d'évaluation variétale et pour les essais agronomiques implantés entre 2011 et 2013, les apports d'engrais ont été calqués sur ceux de la canne à sucre commerciale.

232 Expérimentations sans apport d'engrais

En février 2014, un dernier essai non statistique a été implanté pour évaluer le comportement, sans aucun apport d'engrais, des quatre meilleures variétés. Cela a permis une première évaluation de leur comportement dans ces conditions, en effet direct, sur une culture de plantation.

Deux essais variétaux ont été cultivés sans engrais, après deux ans de culture avec engrais. Les rendements et autres caractéristiques obtenus sur ces essais sont disponibles (Chopart et Bachelier 2012) et ceux obtenus en repousses seront décrits par ailleurs (Chopart à paraître). On fournira ici les résultats obtenus en troisième année de culture, sans engrais.

Les trois essais agronomiques qui ont servi à étudier les effets des dates de plantations et des durées de cycle (paragraphe *Dates de plantation et durées de cycle*) ont été cultivés avec engrais pendant les deux ans de l'expérimentation. En troisième année de culture, la canne a été conduite sans aucun apport d'engrais pour faciliter le diagnostic d'effet résiduel de la conduite de la canne en cycle de 8 mois. Des analyses de sol et de mobilisations des éléments minéraux sont venues compléter les mesures de rendements.

24 Etudes sur les ravageurs et maladies

241 Maladies

Les variétés WI ont été importées début 2010 en provenance de la quarantaine de Montpellier. Elles étaient donc indemnes de tout parasitisme. Elles ont été implantées au Fromager en avril 2011 après une multiplication dans la collection du Cirad Roujol. Les autres provenaient de la collection du Cirad. Elles ont été implantées sur le dispositif en 2009. Sur aucune des 36 variétés testées il n'y a eu de traitement de protection phytosanitaire depuis leur introduction sur le dispositif du Fromager, ni sur les boutures, ni pendant la culture.

Un spécialiste des maladies de la canne à sucre au Cirad le Dr Jean Daugrois est venu examiner les variétés en première repousse en 2012 (photo n° 2).



Photo 2. Phytopathologiste Cirad recherchant des maladies sur les variétés de cannes combustible.

242 Ravageurs

Un entomologiste du Cirad (Dr R Goebel) est venu examiner les cannes en juin 2014. Il a proposé un protocole d'étude des chenilles foreuses de tiges qui a été réalisé fin juin 2014. Cette étude a consisté à évaluer la présence d'insectes et en particulier de lépidoptères foreurs de tiges (l'espèce dominante est *Diatraea saccharalis*) sur la canne combustible ; des observations sur le niveau d'infestation ont été menées sur les essais variétaux V6 à 12 mois et V8 à 3 mois.

Etude sur des cannes âgées de 3 mois

Afin de déterminer le niveau d'infestation des insectes aux premiers stades de développement de la plante et notamment leurs impacts sur le système foliaire, une étude a été menée sur l'essai canne à sucre V8 à 3 mois. Pour cela, pour les 4 meilleures variétés (WI79460 ; WI79461 ;

WI81456, BBZ92076), le nombre de feuilles présentant ou non des perforations a été mesuré sur chaque plante sur une ligne de 10 mètres de canne.

Etude sur des cannes âgées de 12 mois

Les quatre meilleures variétés de l'essai V6 ont été étudiées (WI79460 ; WI79461 ; WI81456 et BBZ92076) à 12 mois. Pour cela, 100 cannes par variétés ont été prélevées. Pour chacune de ces cannes, le nombre de cannes présentant des perforations a été compté. De plus, l'entre-nœud où les perforations ont été remarquées a été noté.

25 Etudes sur la récolte mécanique

En Guadeloupe, la canne combustible sera produite en culture mécanisée en particulier la récolte. Les caractéristiques de la canne combustible étant en partie différentes (rendement, taux de fibres) de celles de la canne à sucre, il est nécessaire de tester le matériel classique de récolte mécanisé pour voir s'il pose ou non des problèmes pour la récolte de la canne combustible.

Une récolte mécanique a eu lieu en mai 2014 sur les parcelles cultivées avec les variétés combustibles âgées de 12 mois, en seconde repousse. Le chantier a été organisé et suivi par les WP1 et WP3 (Cirad et Quadran) et réalisé par un producteur (Photo 3). Des mesures de pourcentages de touffes arrachées ou détériorées ont été effectuées deux semaines après la coupe.



Photo 3. Coupe mécanisée des cannes combustible âgées de 12 mois sur le dispositif du Fromager

3 RESULTATS ET DISCUSSION

31 Dates de plantation et durées de cycle

311 Essai Agro 1 dates 1 et 2

Effets directs

Les essais agronomiques 1-1 et 1-2 (photo 4) évaluaient à la fois deux variétés, deux longueurs de cycle (8 et 12 mois) et deux dates de plantation : juin (essai 1-1) et novembre (essai 1-2). Les résultats des deux variétés seront présentés mais comme, seule, l'une (BBZ 92076) est parmi les 4 meilleures (Chopart et Bachelier 2012), c'est sur cette variété que se focaliseront les résultats. Pour alléger la présentation, seuls les résultats principaux seront présentés. Il s'agit des rendements de matière fraîche, de matière sèche, de taux de matière sèche des tiges et du taux de matière sèche total. Dans l'essai Agro 1, les rendements obtenus sur les deux variétés sont comparables à ceux obtenus précédemment sur les essais variétaux (Chopart et Bachelier 2012). Après deux ans de culture, les deux modes de conduite avec une coupe conventionnelle tous les 12 mois (2 coupes) ou tous les 8 mois (3 coupes) conduisent à des cumuls de production peu différents de biomasse avec un léger avantage à la culture avec un cycle de 12 mois (+ 12% en moyenne pour la meilleure variété BBZ 92076 (tableau 1). Ce résultat concerne aussi bien la plantation de juin que de novembre). Le taux de matière sèche de tiges des cultures coupées tous les 8 mois est plus faible que pour celles coupées tous les 12 mois. Il en est de même pour le taux de matière sèche de l'ensemble de la plante (tableau 1).

Avec la meilleure variété (BBZ 92076), les rendements d'une plantation de novembre sont, en moyenne un peu supérieurs à ceux d'une plantation de juin, d'environ 9 % et 15 % pour des cycles de 12 mois et de 8 mois respectivement (tableau 1). Les résultats de l'autre variété (BR 62002) semblent au contraire un peu supérieurs pour une plantation de juin. Le taux de matière sèche des tiges est légèrement inférieur quand on plante en novembre par rapport à la plantation de juin (tableau 1).

Tableau 1. Essai Agro 1 au Fromager, Capesterre. Cumul des biomasses (t/ha) produites en 24 mois avec deux variétés conduites avec des dates de coupes après 8 ou 12 mois de culture. Teneurs en matières sèche (en %) des tiges et de la plante entière.

	Variété	BBZ92076		BR62002	
	Longueur de cycle	8mois	12m	8m	12m
Plantation juin	Cumul Matière sèche 24 mois	107.6	124.9	103.1	110.1
	Matière sèche tiges %	30.5	34.3	26.2	29.6
Plantation novembre	Cumul Matière sèche 24 mois	124.2	136.5	90.2	105.1
	Matière sèche tiges %	28.7	33.8	25.4	29.8



Photo 4. Vue partielle en avril 2013 de l'essai agronomique1 planté en juin 2011. Variété BBZ92076 âgée de 6 mois, à gauche et de 10 mois à droite.

Effets résiduels sur le rendement

Après l'étude des effets directs des longueurs de cycle pendant deux ans, les dispositifs ont été maintenus pendant un an pour tester les effets résiduels (photo 5). Cela a été fait en conditions d'absence de toute fertilisation et de désherbage pour mieux identifier un effet des rythmes de coupes sur la fertilité du sol et l'enherbement. Dans le tableau synthétique n°2 ne sont présentés que les rendements de matière sèche totale.

Tableau 2. Essai Agro1 au Fromager, Capesterre. Etude des effets résiduels après deux ans de culture sur la matière sèche totale (t/ha) de la variété BBZ92076. Culture sans engrais ni désherbage.

Date plantation	Age mesure	Cycles de coupe	
		8 mois	12 mois
Juin	8 mois	31.5	35.6
	12 mois	44.0	44.4

Sur le dispositif Agro1 planté en juin, les rendements ont baissé (tableau 2) par rapport à ceux obtenus les deux années précédentes (tableau 1). Ils étaient en effet de 125 t/ha en cumul sur 2 ans pour la variété BBZ 92076 (tableau 1), soit d'environ 62.5 t/ha/an. Ceci est normal, car il n'y a eu aucune fertilisation ni désherbage. Ces rendements restent néanmoins élevés. En début de cycle et jusqu'à 8 mois, la croissance et la production de biomasse ont été légèrement inférieures sur les parcelles coupées tous les 8 mois par rapport à celles coupées tous les 12 mois. Lorsque la plante est âgée de 8 mois, il y a un écart d'environ 10%. En revanche, après 12 mois de culture, les rendements sont devenus identiques (tableau 2).



Photo 5. Essai Agro1 date 1 (plantée en juin 2011) en septembre 2014. Variété BBZ92076 âgée de 14 mois cultivée sans engrais ni désherbage.

Effets résiduels sur les mauvaises herbes

Dans les deux dispositifs d'étude des dates de plantation et pour chaque variété séparée, la croissance des cannes et des mauvaises herbes a été comparable en début de cycle, pendant les deux premiers mois environ. Puis, en absence de tout désherbage chimique mécanique ou manuel, les mauvaises herbes se sont développées de façon contrastée d'un traitement à un autre. Ces différences ont été quantifiées par des prélèvements des mauvaises herbes sur des placettes en cours de cycle sur des cannes âgées de 7 mois et de 11 mois. Les résultats de mesures de biomasse sèche de ces mauvaises herbes figurent dans le tableau 3.

Tableau 3 Essai Agro1 au Fromager, Capesterre. Effets résiduels en 2014 des traitements appliqués entre 2011 et 2013. Biomasses sèches des mauvaises herbes (en g/m²) mesurées en 2014 sur le dispositif cultivé sans aucun désherbage entre juin 2013 et juin 2014 pour la date de plantation précoce (juin) et entre novembre 2013 et novembre 2014 pour la date de plantation tardive. Les cannes étaient âgées de 11 mois lors des mesures (début juin pour la date de plantation de juin et octobre pour la date de plantation et de repousses de novembre).

Varités	BBZ92076		BR62002	
Cycles (mois) les 2 années précédentes :	8	12	8	12
Plantation-repousse juin	15	8	241	70
Plantation-repousse novembre	59	28	960	690

La croissance de la variété BR62002 a été plus lente que celle de la variété BBZ92076 avec en conséquence un plus mauvais recouvrement de l'interligne. Ceci a conduit à une croissance plus forte des mauvaises herbes en absence de tout désherbage (tableau n°3, photo 6). En revanche, la variété BBZ92076, plus performante, même sans engrais, a réduit la pénétration de la lumière jusqu'au sol plus vite et plus fortement, réduisant ainsi la croissance des mauvaises herbes (photo 7). La culture pendant les deux années précédentes suivant un cycle conventionnel de coupe de 12 mois conduit à une pression des mauvaises herbes plus faible qu'une conduite de la culture en trois cycles de 8 mois. Ceci peut s'expliquer par des différences de durée pendant laquelle le sol

est peu recouvert par la culture. Elle est plus grande en cycles de 8 mois que de 12 mois, du fait des trois coupes en deux ans au lieu de deux.

Sur les parcelles cultivées avec la variété BBZ92076 âgée de 11 mois, il n'y avait plus, ou très peu, de mauvaises herbes (tableau 3). Entre 7 et 11 mois, l'obscurcissement, devenant presque total dans l'interligne, les mauvaises herbes encore présentes à 7 mois ont quasiment disparu. Ceci est particulièrement marqué sur les parcelles traitées précédemment en cycle de 12 mois (tableau 3). Sur les cannes âgées de 11 mois, le contraste de biomasse de mauvaises herbes est spectaculaire entre les deux variétés. La croissance des mauvaises herbes a été, comme c'est classique, sensible à la lumière parvenant au sol et il y a eu, dans les dispositifs d'étude, des écarts entre les deux variétés (BBZ92076 et BR62002) et les deux durées de cycle (8 et 12 mois).



Photo 6. Essai Agro1 en 2014, en culture sans engrais ni desherbage ; enherbement sur une parcelle de la variété BR62002 âgée de 8 mois.



Photo 7. Essai Agro1 en 2014, en culture sans engrais ni désherbage ; enherbement sur une parcelle de la variété BBZ92076 âgée de 11 mois

312 Essai Agro2

Un autre essai a été implanté (Agro 2) avec, comme l'essai Agro1, l'objectif de tester les effets des longueurs de cycle de 8 ou 12 mois. Il a été planté en août, pour avoir un point expérimental situé entre ceux de l'essai Agro1 (juin et novembre). Deux autres variétés ont été retenues pour cette étude, car on ne disposait pas, à cette période, de matériel bouturable pour les variétés BBZ92076 et BR62002. Aucune des deux variétés retenues dans cet essai Agro2 ne figure parmi les 4 meilleures variétés identifiées postérieurement. C'est pourquoi, seuls le rendement en matière sèche totale et le taux de matière sèche des tiges figurent dans le tableau. n°4.

Tableau 4. Essai Agro2 Fromager, Capesterre. Cumul de biomasses (t/ha) produites en 24 mois de deux variétés coupées après 8 ou 12 mois de culture et teneurs en matière sèche (%) des tiges.

Variétés	WI87603		TC8	
Longueur de cycle (mois)	8	12	8	12
Matière sèche totale 24 mois (T/ha)	117.4	110.9	124.2	120.1
Taux de matière sèche tiges (%)	30.5	34.3	26.2	29.6

Les résultats obtenus avec une plantation d'août (tableau 4) sont proches de ceux obtenus avec des plantations de juin ou de novembre, avec quelques particularités. Les rendements obtenus avec des cycles classiques de 12 mois sont inférieurs à ceux obtenus dans l'essai Agro1 (de 7 % et 18 % en plantation de juin et de novembre respectivement), ce qui peut être attribué au potentiel de rendement un peu plus faible des variétés d'Agro2. Les rendements obtenus avec des cycles de 8 mois sont légèrement supérieurs à ceux obtenus avec des cycles de 12 mois, mais avec un taux de matière sèche des tiges inférieur (tableau 2). Les variétés moins productives de l'essai Agro2 n'ont pas été retenues parmi les quatre meilleures variétés : il est donc difficile de tirer des enseignements pratiques des résultats de cet essai. Il a toutefois permis de contribuer à montrer que des cycles de coupes de 8 ou de 12 mois conduisent à des rendements proches mais avec une humidité de la biomasse un peu plus forte en cycles de coupe de 8 mois.

313 Essai variétal V6

Les essais variétaux de la phase 1 ont permis de comparer les rendements au bout de 8 mois ou de 12 mois de culture en première année de culture (Chopart et Bachelier 2012). Ces résultats montrent, globalement, une augmentation du rendement entre 8 et 12 mois plus ou moins proportionnelle au temps de culture avec pour les quatre meilleures variétés +49 % de matière sèche totale pour plus 50 % de temps de culture (Chopart et Bachelier 2012). Les premières études avaient été limitées à des cycles de 12 mois.

Un essai implanté avec les quatre meilleures variétés a permis de comparer les rendements obtenus sur des cannes âgées de 7.8, 12.5 et 14.5 mois (photo 8). Le rendement moyen des 4 variétés, exprimé en poids frais total, a augmenté de 0.59, tonne/ha/jour entre la plantation et 7.8 mois. Entre 7.8 et 12.5 mois, il a augmenté de 0.7t/ha /jour. Enfin, entre 12.5 et 14.5 mois après plantation, il n'a augmenté que de 0.03t/ha/jour. Il y a donc un ralentissement de l'élaboration de biomasse exprimée en matière fraîche. La biomasse sèche totale, elle, augmente de façon remarquablement régulière entre la plantation et 12.5 mois avec une augmentation d'environ 0.17 t/ha/jour, ce qui confirme les résultats obtenus en phase 1. En revanche, il n'y a eu aucune augmentation de la matière sèche totale entre 12 et 14 mois.

Tableau 5. Essai variétal V6, Fromager. Rendement de matière sèche totale (t/ha) moyen des quatre variétés testées et taux de matière sèche, 7.75, 12.5 et 14.5 mois après plantation.

Durée de cycle (après plantation)	Mois Jours	7.75 233	12.5 375	14.5 436
Poids frais tiges usinables (t/ha)		87.2	128.3	139.3
Poids frais total (t/ha)		138.2	176.3	178.1
Rendement	Tiges usinables	24.1	43.1	43.4
matière sèche (t/ha)	Haut de tiges	8.5	7.0	4.3
	F. vertes	2.1	2.1	2.1
	F. sèches	4.9	11.6	9.5
	Total	39.6	63.8	59.2
Taux matière sèche %	Tiges usinables	27.4	33.6	31.2
	Haut de tiges	23.0	25.1	26.0
	F. vertes	30.3	36.8	33.8
	F sèches	67.6	82.4	69.1
	Plante entière	28.6	36.2	33.3

D'après les résultats et les observations de terrain, ceci paraît dû à plusieurs facteurs de faible impact mais se cumulant : (i) une chute d'une partie des feuilles sèches (pertes de 2t/ha entre 12 et 14 mois), (ii) une légère augmentation de la biomasse des tiges usinables exprimée en poids frais, mais associée à une baisse de leur teneur en matière sèche due à l'apparition de quelques tiges jeunes suite à des phénomènes localisés de verse, (iii) une chute de la biomasse des hauts de tiges qui peut s'expliquer par la réduction, avec l'âge, de la partie haute et jeune de la tige.

La nette diminution du taux de matière sèche des feuilles sèches (de 82 % à 12 mois à 69 % à 14 mois) correspond à un facteur conjoncturel : la récolte à 14.5 mois dans des conditions pluvieuses avec des feuilles sèches (des feuilles mortes) en réalité réhumectées par la pluie.

Ces résultats montrent à la fois un net ralentissement de la croissance après 12 mois et une modification dans la morphologie de la plante, sans floraison.



Photo 8.Essai V6 canne (WI 81 456) âgée de 14,5 mois.

L'étude des dates de plantation dans les essais Agro1 et Agro2, montre que, après deux ans de culture, les productions cumulées en plantation de juin, août ou novembre sont peu différentes. L'étude de l'effet résiduel de la date de plantation est encore en cours avec des résultats attendus en décembre 2014.

Malgré quelques résultats encore attendus, il est possible d'avancer que la plantation de la variété BBZ 92076 est possible pendant toute la période étudiée entre juin et novembre. La variété BBZ 92076 se comportant, dans les essais variétaux, de façon très comparable aux trois autres variétés candidates (WI 79460, WI 79461, WI81456), il est donc possible d'extrapoler ces résultats obtenus sur la variété BBZ 92076 aux autres variétés.

La variété BBZ 92076 est un peu plus productive sur deux cycles de 12 mois que sur trois cycles de 8 mois. Ceci peut avoir pour origine une pression des mauvaises herbes plus faible sur le terrain traité en cycle de 12 mois. De plus, en cycle de 12 mois, le taux de matière sèche des tiges est un peu plus élevé. Après 3 cycles de coupe de 8 mois et en culture sans engrais, le redémarrage de la culture est un peu plus difficile et lent qu'après ceux cycles classiques de 12 mois, mais l'écart se réduit progressivement pour disparaître à l'âge de 12 mois.

La comparaison, en année de plantation, entre des durées de cycle des quatre meilleures variétés de 7.7, 12.5 et 14.5 mois montre que le cycle conventionnel de 12 mois environ conduit à la plus grande biomasse sèche totale. Une récolte plus précoce à 7.7 mois a conduit à une réduction de rendement proportionnelle à la réduction de la longueur de cycle. En revanche, un allongement du cycle plantation récolte à 14.5 mois n'a pas conduit à une augmentation du rendement en matière sèche, mais pas non plus à une baisse de rendement.

Les performances de la canne combustible sont principalement jugées sur leur biomasse sèche totale et leur teneur en matière sèche. **Pour la canne combustible, d'après les résultats obtenus depuis 4 ans au Fromager, la durée conventionnelle de culture de 12 mois est la plus adaptée. Toutefois, la variation d'âge de la culture pendant laquelle la coupe est possible, qui va de 8 à 14 mois après la plantation ou le début de la repousse, est nettement plus grande que pour la canne cultivée pour le sucre.**

Ainsi, un agriculteur qui plante de la canne combustible début juin 2015 sur une partie de son exploitation, pourra commencer à récolter début février 2016 (cycle de 8 mois) sur une partie de cette parcelle et récolter jusqu'en juillet 2016 (cycle de 14 mois). Sur une autre parcelle plantée début novembre, il pourra commencer à récolter début juillet 2016 et jusque début 2017 (cycle de 14 mois). Une plantation de milieu de saison (août) permettra de donner encore plus de souplesse et de privilégier les récoltes après des cycles proches de 12 mois.

Si un agriculteur de la zone sud Basse-Terre adopte des dates de plantations échelonnées entre juin et novembre et des cycles allant de 8 à 14 mois, il aura très rapidement après 8 mois la possibilité théorique de fournir à l'usine de la biomasse toute l'année et de façon continue au moins en dehors des périodes de forte pluviosité. Il pourra aussi, si l'industriel et (ou) lui le juge plus opportun ou profitable), avoir la possibilité d'avancer ou de différer la date de récolte en respectant des longueurs de cycle de 8 à 14 mois.

32 Préparation du sol et plantation

321 Résultats et observations

Les variétés de canne à usage de combustible testées sont des cannes à sucre dont la physiologie et la morphologie sont identiques ou très proches de celles des cannes à sucre commerciales. Ces variétés ne nécessitent donc pas, a priori, de mettre en œuvre des techniques de plantation originales. De plus, le fait de retenir les mêmes méthodes de plantation, a permis de comparer leur comportement avec la variété sucrière locale dans la condition de culture de celle-ci.

Dans la phase initiale du projet comme dans la phase actuelle, dans les essais variétaux comme dans les essais agronomiques, les techniques de préparation du sol et de plantations ont été exactement celles préconisées par le CTCS (CTICS 2005) pour la Guadeloupe. On ne fera ici qu'en rappeler les principales :

- labour charrue à disques,
- sillonnage mécanisé avec entre 1.55 m et 1.6 m entre les rangs,
- plantation manuelle de tronçons de canne âgée de 7 à 9 mois sans traitement des boutures,
- recouvrement manuel du sillon.

Les variétés de canne à sucre testées dans REBECCA, plantées suivant cette procédure, ont bien levé avec quelques différences de vigueur à la levée entre les variétés attribuables aux caractéristiques génétiques et non aux pratiques culturales. Les meilleures variétés de canne combustible mises en place avec cette technique ont eu des rendements supérieurs, en année de plantation, à ceux du témoin local (Chopart et Bachelier 2012). Cela montre que les techniques de préparation du sol et de plantation étaient adaptées.

Le choix initial d'un interligne de 1.6 mètre, identique à celui préconisé pour la canne à sucre, pouvait faire débat et aurait pu être remis en cause en cours de projet. Une attention particulière a donc été apportée au comportement des cannes combustibles avec cet écartement entre les lignes. En interligne de 1.6 m, les 4 meilleures variétés, avec un développement supérieur à la variété sucrière, ont un couvert végétatif qui occupe plus vite et plus densément l'interligne, avec une interception quasiment totale de la lumière à partir de 7 mois environ. Une réduction de l'écartement entre les lignes n'apporterait donc, très probablement, aucune augmentation de rendement. Une augmentation de l'écartement entre les lignes n'apporterait sans doute pas non plus d'augmentation de rendement et rendrait plus difficile la maîtrise des mauvaises herbes. Par ailleurs, un autre argument plaidant en faveur de l'écartement conventionnel de 1.6 mètre est que cela permettra à l'agriculteur de conserver les mêmes réglages de ses machines que pour la culture de canne à sucre et donc de s'adapter plus facilement à la culture de la canne combustible.

322 Discussion et conclusions partielles

Pour des raisons agronomiques et pratiques, il est possible et souhaitable de conserver les mêmes techniques de préparation du sol et de plantation que celles préconisées par les organismes de développement et les instituts techniques locaux, en particulier le CTCS.

33 Maîtrise des mauvaises herbes

331 En culture de plantation

Pour les mêmes raisons que pour la préparation du sol et la plantation, les méthodes de maîtrise des mauvaises herbes utilisées dans les expérimentations agronomiques de canne combustible ont été les mêmes que celles préconisées pour la canne à sucre, ceci aussi bien en phase 1 qu'en phase 2. Cela consistait en un herbicide de prélevée appliqué quelques jours après la plantation (Merlin) et d'un herbicide de post-levée à une date et avec un produit dépendant de la pression et

du type de mauvaises herbes (en général Azulox et ou 2, 4 D). Avec cette pratique calquée sur celle de la canne à sucre classique et grâce à un développement végétatif plus important de la canne combustible, la maîtrise des mauvaises herbes en année de plantation est au moins aussi bonne que sur les parcelles cultivées avec la variété témoin de canne commerciale locale (R 579).

332 En repousse

Dans les essais agronomiques en repousses n°1 du cycle de 12 mois, on a observé sur la variété BBZ 92076 : (i) une faible quantité de mauvaises herbes en fin du cycle précédent (ii) une quantité non négligeable de pailles de canne couvrant bien le sol et (iii) une vitesse élevée de développement de la canne qui a réduit rapidement l'arrivée de la lumière au niveau du sol. Ceci a permis de limiter la stratégie de maîtrise des mauvaises herbes à une seule application d'herbicide en post-levée (de type azulox). Avec cette technique, la quantité de mauvaises herbes a été limitée avec, sur ces parcelles, des rendements élevés (tableau 3).

En seconde repousse, la culture a été conduite sans aucun désherbage. Il y a eu des mauvaises herbes en début de cycle, mais pratiquement pas de mauvaises herbes gênantes de type liane ou poacées à grand développement végétatif. On peut même considérer, dans une approche agro-écologique, que les herbes de faible développement présentes dans les interlignes pendant les premiers mois ont participé à la biodiversité de l'agrosystème. A partir de 8 mois, ces herbes ont disparu par manque de lumière.

333 Discussion et conclusions partielles

En année de plantation, il est possible d'appliquer les mêmes méthodes de maîtrise des mauvaises herbes que dans les systèmes de culture de canne à sucre avec des résultats similaires. En repousse, et à condition d'avoir bien maîtrisé les mauvaises herbes en année de plantation, il est possible de se limiter à un seul herbicide de post levée, sur toute la surface ou seulement sur les portions de surface qui le nécessitent. Il semble même possible, après deux ans de culture de canne combustible, de supprimer toute intervention de désherbage ou de se limiter à des interventions très localisées. Cela est permis grâce au fort développement végétatif des variétés de canne combustible, qui, en interlignes de 1.6 m, réduit très fortement la lumière arrivant au sol, dès la fin de la première moitié du cycle.

Ceci devrait donc correspondre à des économies de pesticides permettant de réduire les coûts de production par rapport à la canne conventionnelle et de respecter plus facilement les règles de protection agro-environnementale dans le cadre d'une production agroécologique de biocombustible.

34 Fertilisation

Comme pour la préparation du sol et la plantation, il a été considéré qu'en première approximation, il était possible de retenir les formules et doses préconisées pour la canne à sucre dans la zone, c'est-à-dire 800kg d'engrais ternaire NPK 19, 9, 28. Il n'était d'ailleurs pas réaliste de mettre en place des expérimentations spécifiques pour l'étude lourde des doses optimales de fertilisation. En effet la durée du projet était trop courte et il aurait fallu retenir, pour ce type d'étude, la ou les deux meilleures variétés. Or, on a commencé à les identifier seulement en 2014.

Des investigations ont toutefois été menées sur des cultures sans aucun apport d'engrais dans plusieurs situations que l'on rappelle sommairement. Des informations plus détaillées figurent dans la partie « matériel et méthodes ».

Etude sur ces cultures sans apport d'engrais

- (i) en année de plantation, sur une friche sans engrais depuis deux ans avec les quatre meilleures variétés (parcelles d'observation V8), plantation fin février 2014.
- (ii) en deuxième repousse, les 2 premières cultures ayant été cultivées avec engrais (essai agro1)
- (iii) en deuxième repousse, seule la culture de première année de plantation a bénéficié d'une fertilisation, donc mesure du rendement de la culture après deux ans sans engrais.

341 Etude en année de plantation (essai V8)



Photos 9 et 10. Essai V8 Fromager variété WI79456 cultivée sans engrais, âgée de 6,5 mois en haut et de 7.5 en bas.

Le dispositif ayant été implanté fin février 2014, il est, mi-octobre, âgé de 7,5 mois (photos 9 et 10). Des mesures de rendement seront faites à l'âge de 8 mois fin octobre avec quantification des teneurs de la plante en éléments minéraux. Même si une étude statistique ne sera pas possible, les rendements après 8 mois de culture pourront être comparés à ceux de l'essai voisin cultivé avec le même précédent cultural mis avec engrais. Les observations visuelles montrent que la culture s'est, jusqu'à présent, développée tout à fait normalement sans aucun symptôme foliaire de déficience minérale (photos 9 et 10).

342 Etude en repousse, avec engrais l'année précédente (essai agro 1)

Après deux ans de culture avec engrais, l'essai Agro1 a été conduit sans engrais (et sans désherbage) entre juin 2013 et juin 2014. Les résultats de matière sèche totale figurent dans le tableau n°6 et ont déjà été commentés en ce qui concerne les effets de durée de cycle. Le rendement obtenu après 12 mois de culture sans engrais est de 44 t/ha de matière sèche totale. Le rendement obtenu après 12 mois de culture sur l'essai sans engrais est, comme on pouvait s'y attendre, nettement inférieur à celui obtenu avec engrais avec une diminution d'environ 30 % qui pénalise la rentabilité de la production, sauf en cas de très faible rémunération de la biomasse. Mais, même sans apport d'engrais, la production de biomasse reste élevée, proche de celle d'une variété sucrière avec engrais. Il n'y a pas eu de symptômes foliaires signalant une carence en éléments minéraux.

Tableau 6. Essais variétal (V6) et agronomique (Agro1) au Fromager, Capesterre. Comparaison des rendements obtenus sur les deux essais voisins du Fromager entre juin 2013 et juin 2014, cultivés avec la même variété (BBZ 92076), l'un en année de plantation avec engrais et l'autre en repousse sans engrais.

Engrais		Avec	Sans	Ecart %
Essai		V6	Agro 1	
Matière fraîche	8 mois	137.7	100.8	-27
	totale (t/ha)	167.9	118.9	-29
Matière sèche	8 mois	39.9	35.6	-11
	totale (t/ha)	62	44.4	-28
Matière sèche	8 mois	29.1	35.3	21
	taux (%)	37	37.3	1

343 Etude en repousse, sans engrais l'année précédente (Multiplication M2)

Dans ce dispositif, une multiplication sans répétition, le sol a déjà été appauvri par une première culture sans engrais. La coupe précédente a eu lieu le 15 novembre 2013 et des estimations de rendement ont été effectuées à l'âge de 9 mois sur trois des meilleures variétés (WI 79460, WI 79461 WI 81456) et sur la variété VMC 86550 qui avait été repérée parmi les 6 meilleures en phase 1 (Chopart et Bachelier 2012). D'autres mesures sont prévues fin octobre après presque 12 mois de culture.

Après presque deux ans de culture sans engrais, les rendements des trois meilleures variétés obtenus après 9 mois de croissance (tableau 7) sont devenus, logiquement, inférieurs à ceux (35.6 t/ha) obtenus après 8 mois par la variété BBZ92076 sur l'essai Agro1 en absence d'engrais uniquement cette année (tableau 6). Après 9 mois de culture, il y a un certain jaunissement des feuilles indiquant un manque d'azote (photo 11). Il y a surtout un écart spectaculaire entre les variétés WI et la variété VMC 86550 (photo 11). En sol fertilisé, la moyenne des rendements obtenus à 8 et à 12 mois était de 50 t/ha de matière sèche totale pour la variété VMC et de 61 t/ha en moyenne pour trois variétés WI, soit un écart de seulement 20 % entre la variété VMC 86550 et les trois WI (Chopart et Bachelier 2012).

Tableau 7. Parcelles de multiplication au Fromager, Capesterre. Rendements (t/ha) et taux de matière sèche (%) de quatre variétés de canne dont trois des meilleures variétés combustibles WI 79 460, WI 79461 WI 81456) à l'âge de 9 mois cultivées sans engrais ni herbicide, le cycle précédent de 12 mois était également conduit sans engrais ni herbicide.

Variété		WI79460	WI79461	WI81456	VMC86550
Poids tiges usinables(t/ha)		39.1	36.1	59.5	12.5
Poids frais total (t/ha)		63.1	56.4	89.4	22.6
Rendement matière sèche (t/ha)	Tiges usinables	13.0	12.5	20.2	4.0
	Sommet tiges	3.3	3.5	5.3	1.4
	Feuilles vertes	1.2	0.9	1.7	1.0
	Feuilles mortes	5.8	4.7	7.0	1.3
	Total	23.3	21.6	34.2	7.7
Taux de matière sèche (%)	Tiges usinables	33.4	33.4	33.9	32.1
	Sommet tiges	27.2	27.2	30.9	26.6
	Feuilles vertes	34.4	34.4	41.2	35.2
	Feuilles mortes	68.9	68.9	82.9	61.9
	plante entière	37.0	38.2	38.3	34.0



Photo 11. Multiplication M2 culture sans engrais ni désherbage depuis 2 ans, âgée de 9 mois. A gauche variété combustible (WI81456) à droite variété de canne à sucre (VMC86550).

En sol appauvri, sans fertilisation, l'écart s'est creusé de façon spectaculaire entre la variété VMC 86550 et les trois autres (tableau 7). La variété WI 81456 se comporte particulièrement bien dans ces conditions, avec une production de 34 t/ha de matière sèche en 9 mois (photo11). L'explication probable de cette différenciation entre la croissance des deux variétés VMC 86550 et WI 81456 est que la première est une « vraie » variété de canne à sucre issue de la collection

du Cirad tandis que les trois autres variétés ont été sélectionnées à la Barbade pour être multipurpose et qu'elles ont parmi leur parents des variétés peu riches en saccharose sans doute plus adaptées à des milieux pauvres. Parallèlement, le plus complet recouvrement du sol par les variétés WI a également permis de maintenir une population de mauvaises herbes inférieure à la variété VMC 86550.

Un autre élément pouvant contribuer à l'aide à la décision en fertilisation de canne combustible est que, dans les essais cultivés avec la dose de 800 kg/ ha préconisée pour la culture de la canne à sucre, la canne combustible conserve une couleur vert sombre jusqu' à 12 mois et qu'il y a, sur ces cannes plus hautes que la canne à sucre commerciale, une tendance à la verse en cas de vent violent. Or, cette verse semble plus faible sur les parcelles sans engrais.

343 Discussion et conclusions partielles

On dispose d'un faisceau d'indices sur le comportement des cannes combustible. Ces indices sont non statistiques (voire même purement qualitatifs), mais ils sont objectifs et convergents. Ils vont être complétés d'ici la fin du projet par d'autres résultats à venir sur les caractéristiques chimiques du sol, les mobilisations en éléments minéraux et des informations sur la capacité des systèmes racinaires des variétés étudiées à explorer le sol.

Le faisceau d'indices, déjà disponible, peut dès maintenant contribuer à aider à des premières propositions provisoires sur la fertilisation. Ces propositions sont :

- il est inutile de dépasser la dose préconisée pour la canne à sucre (800kg/ha d'engrais NPK 19, 9, 28), malgré une production plus grande de biomasse que les variétés commerciales de canne à sucre.

- il est même conseillé de réduire la dose d'environ 25% (donc 600 kg/ha)

Ces propositions valent pour un sol volcanique avec un précédent canne à sucre conventionnelle fertilisée avec exportation de toute la biomasse excepté les feuilles mortes tombées au sol.

Dans un second temps et avec des éléments complémentaires, il semble possible de réduire encore la dose dans les conditions plus favorables, lorsque :

- le précédent est une culture de bananiers fertilisée aux doses recommandées.
- les parties sommitales des tiges (amarres) sont laissées sur le sol
- il est possible d'établir un diagnostic de symptômes foliaires de déficiences minérales
- des cendres issues de la combustion des cannes sont apportées.

35 Protection phytosanitaire et état sanitaire des cultures

351 Maladies

Un phytopathologiste spécialiste de la canne à sucre au Cirad (Dr Jean-Daugrois) est venu examiner les parcelles de canne du Fromager en juin 2012 et n'a décelé aucune maladie, hormis une légère virose sur l'une des variétés mais qui ne figure pas parmi les quatre meilleures.

Etudes sur des cannes âgées de trois mois

A l'âge de trois mois, le pourcentage de feuilles présentant des perforations, mesuré suivant le protocole précisé en matériel et méthodes (paragraphe 24) est très limité (tableau n° 8).

Tableau 8. Essai variétal (V8) au Fromager, Capesterre. Pourcentage de feuilles avec des perforations dues aux foreurs de tiges sur des cannes âgées de 3 mois.

Variétés	WI79460	WI79461	WI81456	BBZ92076
Nombre total de feuilles	783	747	1135	788
Nombre de feuilles perforées	16	11	25	10
% de feuilles perforées	2,0%	1,5%	2,2%	1,3%

Etude sur des cannes âgées de 12 mois

Le niveau d'infestation par les foreurs est faible, il est compris entre 0,8 et 3,3% (tableau 9), lépidoptères foreurs de tiges sans différence marquée entre les 4 variétés. L'espèce dominante est *Diatraea saccharalis*. Avec ce niveau faible d'impact, les foreurs de tiges n'affectent pas le rendement comme ce qui peut être observé sur des cannes sucrières où les niveaux d'infestation sont beaucoup plus élevés (souvent au-dessus de 10%). Ces résultats quantitatifs, complétés par des observations faites par un entomologiste de la canne à sucre (Dr Goebel) montrent qu'il n'y a pas lieu de prévoir d'applications d'insecticides dans l'itinéraire technique de la canne combustible.

Tableau 9. Essai variétal (V6) au Fromager, Capesterre. Pourcentage de tiges présentant des perforations dues aux foreurs de tiges sur des cannes âgées de 12 mois.

Variétés	WI79460	WI79461	WI81456	BBZ92076
Pourcentage de tiges avec perforations	1	3,3	0,8	2,5

La canne combustible peut être cultivée sans application de pesticide. Il faudra néanmoins envisager un traitement des boutures, comme pour la canne à sucre industrielle.

36 Récolte

361 Récolte manuelle

Dans les expérimentations en place depuis 2010, la coupe des variétés de cannes combustible a été faite manuellement, sans aucune difficulté particulière d'après les coupeurs. Ceux-ci considèrent que la coupe manuelle de ces variétés est identique à celle des cannes à sucre conventionnelles avec des même temps de travaux par tonne de cannes coupées.

362 Récolte mécanique avec une coupeuse tronçonneuse conventionnelle

Une coupeuse tronçonneuse représentative du matériel utilisé de façon conventionnelle a été testée pour la coupe des cannes combustible.

L'étude a été menée en mai 2014 sur des cannes âgées de 12 mois (essai V4) dans le cadre d'une collaboration avec le WP3 (Quadran). Aucune difficulté particulière n'a été notée ni par le

conducteur de l'engin (photo 2) ni par les agronomes sur place (Cirad et Quadran). Une coupe traditionnelle a été mise en œuvre avec chargement des tiges et feuilles et haut de tiges laissées sur place ; une autre technique a été testée qui consiste à récolter la totalité de la biomasse et de la charger. Il n'y a pas eu non plus de difficultés à mettre en œuvre cette méthode. Toutefois, le faible volume de biomasse combustible récoltée n'a pas permis d'étudier un éventuel effet des nouvelles variétés plus fibreuses sur l'usure des pièces travaillantes.

Les souches ont été examinées après la coupe. Le pourcentage de souches détériorées (arrachages partiel ou total) a été évalué. Sur environ 120 souches examinées par variété (pour les 4 meilleures variétés) aucune n'a été perturbée par la coupe mécanique.

363 Nouveaux matériels envisageables.

Pour des raisons de coûts, il est préférable d'utiliser les engins de récoltes déjà disponibles sur place en Guadeloupe. Toutefois, il existe, à la Réunion, du matériel qui mériterait d'être testé avec nos variétés de canne fibreuse (photo 12). Ces machines récoltent de la canne entière sans la tronçonner en petits segments, mais elles semblent aussi pouvoir tronçonner la biomasse (photo 12). Ces engins pourraient être utiles si : (i) l'industriel préfère recevoir des cannes avec les tiges et les feuilles mélangées, (ii) la canne est cultivée sur des sols en pente et en petites parcelles.

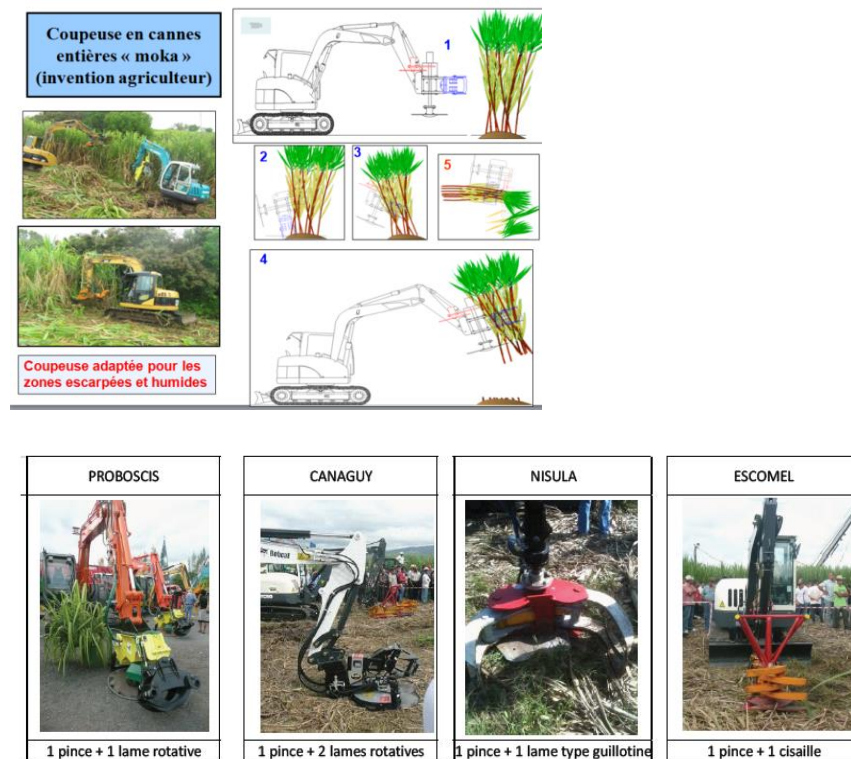


Photo 12. Exemples de coupeuses de cannes entières sans tronçonnage utilisées à la Réunion (extrait d'un document public du syndicat du sucre de la Réunion).

364 Hauteur de coupe dans les zones polluées à la chlordécone

Il a été montré que la teneur des tissus en chlordécone diminue très fortement depuis les racines où la concentration est forte jusqu'à la partie haute des tiges où elle est négligeable. La base de la tige peut contenir une concentration non négligeable de chlordécone pouvant monter à 0.4 mg de CLD par kg de matière sèche (Marie et Chopart 2012). La concentration diminue ensuite fortement pour atteindre 0.05 mg/kg de MS au niveau des nœuds n° 6 à 10 (le premier tiers de la tige usinable environ).

Pour récolter une canne contenant le moins possible de chlordécone, il est proposé de régler la hauteur de coupe à un niveau un peu supérieur à celui de coupe conventionnelle, à 15 cm environ de la surface du sol. Parallèlement cela permettrait d'éviter de mélanger de la terre (qui contient de la chlordécone) à la biomasse récoltée, en cas de surface de sol pas complètement plane.

365 Discussion et conclusions partielles

La récolte de la canne combustible peut se faire avec le même matériel que celui de la canne à sucre et suivant des techniques identiques. Le temps de travail par tonne de canne récoltée est, d'après les premières évaluations faites au Fromager, proche de celui de la canne à sucre conventionnelle.

37 Gestion des résidus de récolte

Les choix concernant la gestion des résidus de récolte (biomasse exportée et laissée sur le terrain) reviendront in fine au producteur en relation avec l'acheteur. On ne fait ici que fournir des éléments d'aide à la décision du producteur et de l'acheteur, en restant pragmatique, en s'appuyant, en particulier, sur des comparaisons avec le système de culture sucrier conventionnel.

371 Eléments contextuels

Les sols volcaniques du Sud Basse-Terre sont initialement riches en matière organique. Même après une longue période de culture en canne à sucre, ils conservent un niveau tout à fait satisfaisant de matière organique, supérieur à beaucoup d'autres sols cultivés en zone tropicale ; Au Fromager, la teneur en carbone mesuré sur sol traditionnellement principalement cultivé en canne à sucre (domaine de Bologne) est comprise entre 4 et 5%.

372 Comparaisons entre canne à sucre et canne combustible

Par rapport à la culture de canne à sucre, la culture de canne combustible apporte, en première analyse, quelques modifications concernant les apports de matière organique.

Apports en plus :

- La biomasse racinaire de la canne combustible paraît un peu plus importante (Chopart et Marie 2012). Elle est estimée, en première approximation à 200 kg/ha de matière sèche par ha de plus par rapport à la canne à sucre (à confirmer par des travaux en cours), principalement du fait d'un développement végétatif général plus important

- La biomasse de la base des tiges due à la hauteur de coupe un peu plus importante 15 cm, ce qui correspond à environ 1 t/ha de matière sèche supplémentaire

Apport en moins:

- Les feuilles tombées naturellement au sol. Une étude menée en phase 1 (Chopart et Marie 2012) montre que sur les 2 essais V4 et V5, les feuilles tombées au sol étaient de 1.5 t/ha sur la variété commerciale R579 et de 1.1 t/ha pour la moyenne des 4 meilleures variétés.

Cas particulier des parties sommitales des cannes

En culture de canne à sucre, les parties sommitales des tiges et les feuilles qui y sont rattachées sont, le plus souvent laissées au champ (sauf utilisation pour l'élevage). En culture de canne combustible, il est envisagé d'exporter cette biomasse pour avoir le maximum de combustible, mais il est aussi possible, techniquement, de laisser cette biomasse au champ, comme dans le système de canne à sucre.

Le tableau n° 10 synthétise les résultats obtenus en phase 1, en année de plantation et en moyenne des rendements obtenus à l'âge de 8 et de 12 mois (Chopart et Bachelier 2012).

Tableau 10. Essais variétaux (V4 et V5) au Fromager. Rendements en matière sèche (t/ha) des parties sommitales des cannes de type canne à sucre (R579) et de type combustible ; moyenne des résultats obtenus à 8 et 12 mois en année de plantation (D'après Chopart et Bachelier, 2012).

	Partie sommitale de la canne	Reste biomasse	Total
R579	5.8	44.1	50
Moyenne 4 meilleures variétés	8.3	54.1	62.8

Les parties sommitales de la canne combustible représentent environ 13% du total de la matière sèche récoltée (tableau n° 10). Il y a donc environ 2.5 t/ha de plus de matière sèche dans la partie sommitale de la canne combustible que dans celle de la canne à sucre commerciale.

373 Eléments pour des scénarios de gestion de résidus de récolte

Compte tenu des éléments donnés en paragraphe 372 :

- Si on utilise la partie sommitale de la canne combustible, on aura, par rapport à la canne à sucre, un déficit d'apport au sol d'environ 5 t/ha de matière sèche de biomasse constitué essentiellement par les parties sommitales des plantes.
- Si on laisse les parties sommitales des plantes sur le terrain, on aura au contraire, en système de canne combustible un apport annuel de biomasse au sol d'environ 3.3 t/ha de matière sèche de plus qu'en système la canne à sucre.

A partir de ce raisonnement pragmatique et sous réserve de confirmation des chiffres avec des travaux en cours sur le dispositif du Fromager, on peut imaginer :

1) un système qui, une année sur deux, laisserait les parties sommitales de plantes sur le sol et l'autre année, les récolterait comme combustible. Dans ces conditions, les restitutions organiques au sol se rapprocheraient des systèmes actuels de culture de canne à sucre estimés en équilibre, avec un taux élevé de carbone dans le sol.

2) un système où les parties sommitales de plantes seraient systématiquement laissées sur le sol. On garantirait ainsi le maintien du statut organique du sol en renforçant même l'affichage agro-

écologique de la canne combustible. Ce scénario conduirait, bien sûr, à un léger manque à gagner pour le producteur et à un volume d'approvisionnement un peu plus faible pour l'industriel. Mais ces parties sommitales ont une humidité supérieure (environ 25%) à celles des autres parties de la plante. Pour l'industriel, il s'agit donc d'un produit de plus mauvaise qualité. Si les parties sommitales ne sont pas utilisées, le taux de matières sèches de la biomasse arrivant à l'usine augmenterait légèrement ; d'après les résultats de l'essai V6 au Fromager, le taux de matière sèche du chargement atteindrait presque 40% (39,5 %) soit un gain de 2 %. S'il ne récolte pas les amarres, le producteur aura des coûts de chargement et de transports légèrement réduits et il sera payé en fonction de l'humidité plus faible de son chargement. Il n'est pas sûr que le manque à gagner soit significatif et cela pourrait être compensé par des aides de type agro-environnemental au moins dans les zones à chlordécone pour aider à maintenir voire à augmenter le taux de matière organique dans ces sols à partir d'une biomasse produite sur place.

374 Discussion

Les résultats obtenus à Capesterre permettent d'envisager la gestion des résidus de récolte avec des itinéraires techniques faisables, permettant un maintien durable de la matière organique dans ces sols. Cela passera, sans doute, par l'utilisation d'une partie de la biomasse produite (celle de plus faible qualité) pour les restitutions organiques plutôt que pour une utilisation commerciale.

Le niveau élevé de matière organique dans ces sols volcaniques permet une légère fluctuation du taux de carbone avant correction.

Les décisions finales devront émerger d'un dialogue entre producteur, acheteur et législateur, des propositions peuvent dès maintenant être faites pour bâtir des scénarios de développement d'une production durable de cannes combustibles.

4 CONCLUSION. PREMIERES PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux menés par le Cirad depuis fin 2010 sur le site du Fromager à Capesterre Belle-Eau permettent, en octobre 2014, de percevoir ce que pourra être un itinéraire technique optimal et durable de la canne combustible, pendant l'année de plantation et en repousse. On a essayé, dans ce travail, de tenir compte de plusieurs facteurs :

- conditions pédo-climatiques de la zone,
- caractéristiques et performances des variétés de canne combustible,
- souhait (supposé) des producteurs de se rapprocher le plus possible des pratiques usuelles en culture de canne à sucre, pour modifier le moins possible les habitudes, le matériel et les fournitures,
- souhaits de l'acheteur (industriel),
- recherche de réduction des coûts de production et des intrants, pour les aspects de rentabilité et, surtout, dans le cadre d'une approche agroécologique.

Pour chacun des principaux segments de l'itinéraire technique, des recommandations ont été faites dans la partie « Résultats Discussion ». Elles sont issues de mesures et d'observations réalisées sur le dispositif REBECCA mis en place par le Cirad au Fromager mais aussi de diagnostics et raisonnements agronomiques. Avec les informations disponibles en octobre 2014, les principales conclusions et recommandations pratiques possibles sur l'itinéraire technique dans les futurs systèmes de cultures de canne combustible, avec les informations disponibles en octobre 2014 sont résumées ci-dessous.

Dates de plantation et des durées de cycle

La plantation de cannes combustible est possible entre juin et novembre. La durée conventionnelle de culture de 12 mois est la plus adaptée. Toutefois, la variation d'âge de la culture pendant laquelle la coupe est possible, qui va de 8 à 14 mois après la plantation ou le début de la repousse, est nettement plus grande que pour la canne cultivée pour le sucre. Si les dates de plantation sont échelonnées entre juin et novembre avec des cycles allant de 8 à 14 mois, il y aura après 8 mois la possibilité théorique de fournir à l'usine de la biomasse toute l'année, au moins en dehors des périodes de forte pluviosité. L'agriculteur pourra aussi avancer ou différer la date de récolte, en respectant des longueurs de cycle de 8 à 14 mois.

Préparation du sol et plantation

Il est possible et souhaitable de conserver les mêmes techniques de préparation du sol et de plantation que celles préconisées par les organismes de développement et les instituts techniques locaux, en particulier le CTCS.

Maîtrise des mauvaises herbes

En année de plantation, il est proposé d'appliquer les mêmes méthodes de maîtrise des mauvaises herbes que dans les systèmes de culture de canne à sucre avec des résultats similaires. En repousse, il est possible de se limiter à un seul herbicide de post-levée, sur toute la surface ou seulement sur les parties enherbées. Après deux ans de culture de canne combustible, il semble possible de supprimer toute intervention de désherbage ou de se limiter à des interventions très localisées, grâce au fort développement végétatif des variétés de canne combustible, qui, en

interlignes de 1,6 m, réduit très fortement la lumière arrivant jusqu'au sol. Ceci devrait conduire à des économies d'herbicides par rapport à la canne conventionnelle et à respecter plus facilement les règles agro-environnementales, dans le cadre d'une production agroécologique de biocombustible.

Fertilisation

Un faisceau convergent d'indices peut conduire à des propositions provisoires. Il est inutile de dépasser la dose préconisée pour la canne à sucre (800 kg/ha d'engrais NPK 19-9-28), malgré un rendement plus élevé. Il est même conseillé de réduire la dose d'environ 25% (donc 600 kg/ha). Ces propositions valent pour un sol volcanique avec un précédent canne à sucre conventionnelle fertilisée avec exportation de toute la biomasse excepté les feuilles mortes tombées au sol. Il semble possible de s'orienter vers une réduction encore plus grande de la dose d'engrais chimique, dans les conditions plus favorables, lorsque :

- le précédent est une culture de bananiers fertilisée aux doses recommandées.
- les parties sommitales des tiges (amarres) sont laissées sur le sol
- des cendres issues de la combustion des cannes sont apportées.

Des tests, à mener lors de la phase de multiplication des variétés, devraient permettre de tester ces hypothèses.

Protection phytosanitaire et état sanitaire des cultures

La canne combustible peut être cultivée sans application de pesticide en cours de culture (insecticide, fongicide). Il faudra, néanmoins envisager un traitement des boutures, comme pour la canne à sucre conventionnelle.

Récolte

La récolte de la canne combustible peut se faire avec le même matériel que celui de la canne à sucre et suivant des techniques identiques. Le temps de travail, par tonne de canne récoltée, est proche de celui de la canne à sucre conventionnelle.

Gestion des résidus de récolte

Les résultats obtenus à Capesterre permettent d'envisager la gestion des résidus de récolte avec des itinéraires techniques permettant un maintien durable de la matière organique dans ces sols. Cela passera, sans doute, par l'utilisation d'une partie de la biomasse produite pour les restitutions organiques notamment la partie sommitale de la plante (amarre), de plus faible qualité technologique. On peut aussi envisager un réglage de coupe à un niveau un peu supérieur. Ceci permettrait en plus de ne pas récolter la partie de la tige qui contient un peu de chlordécone, ou pire d'arracher des touffes avec des parties souterraines de la plante chargée en chlordécone. Le niveau élevé de matière organique dans ces sols volcaniques permet une légère fluctuation du taux de carbone avant correction. Les décisions finales devront émerger d'un dialogue entre producteur, acheteur et législateur. Des propositions peuvent dès maintenant être faites pour bâtir des scénarios de développement d'une production durable de canne combustible.

Références bibliographiques

Anonyme (CTCS Guadeloupe) Manuel de la canne à sucre, CTCS éditeur 94 pages.

Chopart J.L. Bachelier B. (2012). Propriétés et performances comparées de 16 cultivars de Poacées (*Saccharum* sp. et *Erianthus*) en vue d'un usage énergétique. In : Proc. Congrès sucrier AFCAS ARTAS, La Réunion, septembre 2012. 9 p.

Chopart JL, Marie P, 2012. Estimation de la biomasse résiduelle potentiellement disponible après une culture de canne à usage de combustible dans le Sud de la Guadeloupe. Note scientifique REBECCA n°9, juin, 17 p.

Marie P, Chopart JL, 2012. Répartition de la chlordécone dans les composantes des biomasses aériennes et souterraines de cinq variétés de canne à sucre dans un sol volcanique pollué de Guadeloupe. Note scientifique REBECCA n° 10, juillet 2012, 17 p.